



GUÍA DE ESPECIFICACIÓN PARA PROTECCIÓN E IMPERMEABILIZACIÓN DEL CONCRETO EN TANQUES DE AGUAS RESIDUALES

.....

VERSIÓN 2020

WWW.TOXEMENT.COM.CO



SÍGUENOS EN REDES SOCIALES

OFICINA PRINCIPAL

• Bogotá: (571) 869 87 87

OFICINAS NACIONALES

• Medellín: (4) 448 01 21. • Cali: (2) 524 23 25. • Barranquilla: (5) 380 80 33.
• Bucaramanga: (7) 697 02 01. • Cartagena: (5) 652 62 31.



**EUCLID CHEMICAL
TOXEMENT**

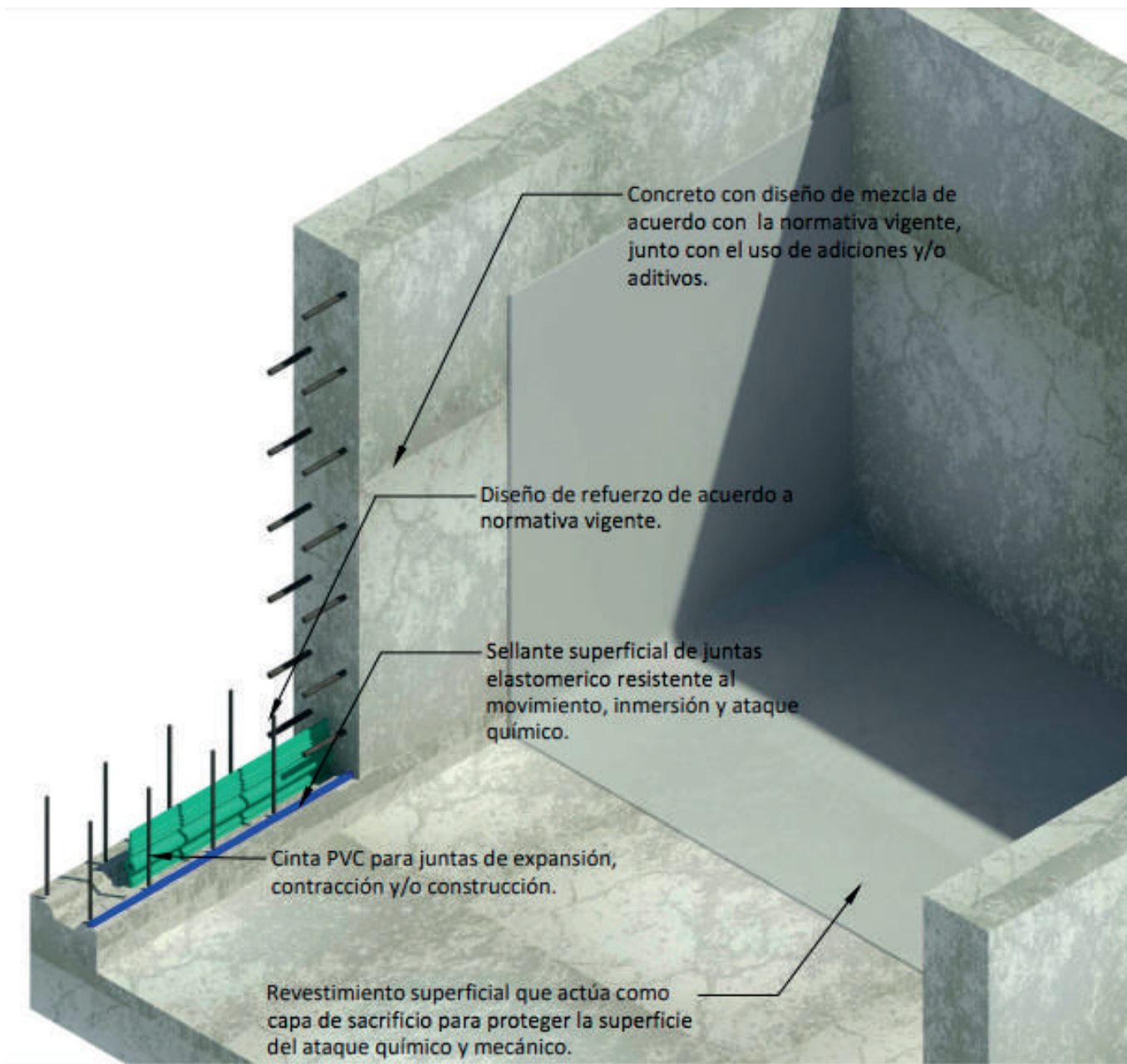
“Las aguas residuales son aquellas aguas que contienen una gran cantidad de sustancias (químicas, biológicas), nocivas o dañinas para el ser humano y que han sido utilizadas o manipuladas de alguna manera por el humano sin importar que su origen sea de característica (doméstica, industrial, pecuaria, agrícola o recreativa)”¹. De acuerdo a su origen se pueden clasificar en: aguas residuales domésticas, aguas residuales blancas, aguas industriales o aguas residuales agrícolas.

Las aguas residuales están formadas por más de un 99 % de agua y menos de 1 % de sólidos en suspensión y en solución, ese 1% está compuesto de sustancias orgánicas, sustancias inorgánicas, gases disueltos y componentes biológicos. Químicamente contienen principalmente: sulfatos provenientes de suelos arcillosos y aguas freáticas; cloruros por la contaminación fecal; nitrógeno derivado de los fertilizantes artificiales y abonos animales y fosfatos procedentes de detergentes y productos químicos para el hogar. De estos componentes los que más afectan a las estructuras de concreto son: los microorganismos, los sulfatos, los cloruros y el ácido sulfhídrico.

La NSR 10 indica que “las estructuras de concreto de ingeniería ambiental se definen como estructuras de almacenamiento, flujo, y tratamiento de líquidos y otros materiales afines tales como residuos sólidos. También aplica la denominación a estructuras secundarias para evitar la dispersión de materiales peligrosos, y a estructuras auxiliares, cuando en todas ellas se requiere impermeabilidad ante líquidos y gases, o propiedades especiales de durabilidad”. Una planta de tratamiento de aguas residuales entra dentro de esta definición y para proteger este tipo de estructuras de concreto, de las condiciones físicas y químicas a las que están expuestas, es necesario actuar en varias vías:

1. Proteger internamente la matriz de concreto, partiendo de un diseño de mezcla de acuerdo a la normativa vigente, junto con el uso de adiciones y/o aditivos.
2. Controlar la fisuración en el concreto.
3. Hacer un tratamiento adecuado para los diferentes tipos de juntas que existen en esta clase de tanques de concreto.
4. Proteger de manera superficial las estructuras de concreto que están en contacto con agua o gases, por medio de un revestimiento superficial que actúa como “capa de sacrificio” y que protege principalmente del ataque químico y mecánico.





Mecanismos de protección de un tanque de aguas residuales en concreto

1. CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO PARA TANQUES EN UNA PTAR

El concreto para este tipo de estructuras debe ser lo más denso, impermeable y durable posible, apto para las diferentes categorías y grados de exposición como, congelamiento y deshielo, sulfatos, contacto con agua, corrosión del acero de refuerzo y exposición a químicos corrosivos. **En la tabla C.23.-C.4.2.1.de la NSR 10 se relacionan las categorías y clases de exposición para estructuras ambientales de concreto**

NSR 10 Tabla c.23-c.4.2.1.- categorías y clases de exposición

CATEGORÍA	SEVERIDAD	CLASE	CONDICIÓN	
F Congelamiento y Deshielo	No aplicable	F0	Concreto no expuesto a ciclos de descongelamiento y deshielo.	
	Moderada	F1	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y exposición ocasional a la humedad.	
	Severa	F2	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y en contacto continuo con la humedad.	
	Muy severa	F3	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y en contacto continuo con la humedad y expuesto a productos químicos descongelantes.	
			Sulfatos solubles en agua (SO4) en el suelo % de peso	Sulfato (SO4) disuelto en agua, ppm
S Sulfato	No aplicable	S0	$SO_4 \leq 0.10$	$SO_4 \leq 150$
	Moderada	S1	$0.10 \leq SO_4$	$150 \leq SO_4 \leq 1500$ agua marina
	Severa	S2	$0.20 \leq SO_4 \leq 2$	$1500 \leq SO_4 \leq 10000$
	Muy severa	S3	$SO_4 \leq 2$	$SO_4 \leq 10000$
P Requerimiento de baja permeabilidad	No aplicable	P0	En contacto donde no se requiere baja permeabilidad.	
	Requerida	P1	En contacto donde no se requiere baja permeabilidad.	
C Protección del refuerzo para la corrosión	No aplicable	C0	Concreto seco o protegido contra la humedad.	
	Moderada	C1	Concreto expuesto a la humedad pero no a una fuente externa de cloruros.	
	Severa	C2	Concreto expuesto a la humedad y a una fuente externa de cloruros provenientes de productos químicos descongelantes, sal, agua salobre, agua del mar o salpicaduras del mismo origen.	
Q Exposición a químicos corrosivos	No aplicable	Q0	Concreto que no está expuesto a químicos corrosivos.	
	Severa	Q1	Concreto expuesto a químicos corrosivos diferentes de descongelantes.	

La durabilidad del concreto está directamente relacionada con la penetración de fluidos, para lo cual es necesario controlar la relación a/mc (agua/material cementante) y la composición de los materiales cementantes usados en la mezcla. El ACI 318S-19 menciona que para obtener una baja permeabilidad en el concreto se debe reducir la relación a/mc y se recomienda el uso de adiciones tales como: ceniza volante, escorias de alto horno, humo de sílice o la combinación de estos materiales. La NSR 10 - CR23-CR.4 recomienda una relación agua/material cementante de 0.40 a 0.42 para concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo, agua, aguas residuales, o gases corrosivos, o para prevenir la corrosión del acero de refuerzo.

1. Protección al congelamiento y deshielo

El deterioro de un concreto por ciclos de congelamiento y deshielo está directamente relacionado con la cantidad de agua alojada en sus poros en el momento del congelamiento; el grado de saturación es el porcentaje de poros que están ocupados por agua, al existir un porcentaje alto es muy probable que cuando el agua atrapada se congele, produzca un esfuerzo a la tracción suficientemente grande para fisurar el concreto.

ACI 318S-19 señala que para que cualquier porción de un miembro sea resistente al congelamiento y deshielo, esa porción del concreto necesita tener suficiente aire incorporado y resistencia. La resistencia adecuada se obtiene al requerir una a/mc baja, lo que además reduce el volumen de los poros y mejora la resistencia a la penetración del agua. El aire incorporado hace que sea más difícil la saturación del concreto y permite la expansión del agua cuando se congela.

Si existe exposición a congelamiento y deshielo se deben utilizar aditivos incorporadores de aire para incluir aire a la mezcla de acuerdo a la siguiente tabla:

NSR 10 - Tabla c.4.4.1- contenido total de aire para concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO* (MM)	CONTENIDO DE AIRE	PORCENTAJE
	F1	F2 y F3
9.5	6.0	7.5
12.5	5.5	7.0
19.0	5.0	6.0
25.0	4.5	6.0
37.5	4.5	5.5
50+	4.0	5.0
75+	3.5	4.5

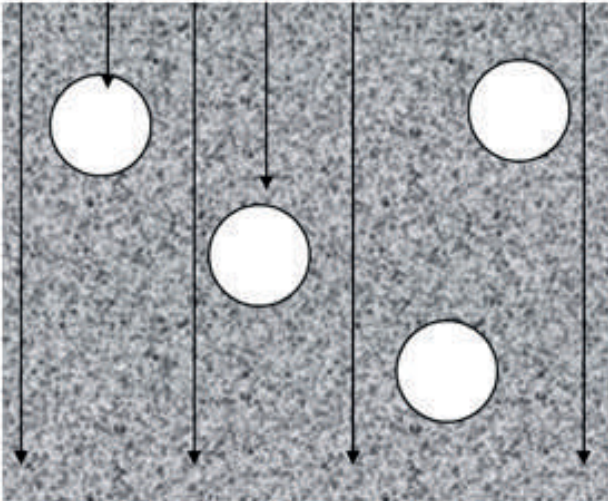
*Véase NTC 174 (ASTM C33) para las tolerancias de mayor tamaño para diversas designaciones de tamaño máximo nominal.
 +Estos contenidos de aire se aplican a la mezcla total, al ensayar estos concretos sin embargo, se retiran las partículas de agregado mayores a 40 mm sacándolas mediante tamizado, y se determina el contenido de aire en la fracción tamizada. (la tolerancia en el contenido de aire se aplica a este valor).
 El contenido de aire de la mezcla se calcula a partir de valor determinado en la fracción cribada que pasa en el tamiz de 40 mm, indicado en la NTC 1032 (ASTM C231).

1.1.1. Aditivos inclusores de aire

Este tipo de aditivos forman microburbujas que actúan como lubricante dentro de la matriz de concreto aumentando la trabajabilidad, disminuyendo la segregación, la exudación, mejorando la resistencia a ciclos de congelamiento - deshielo y reduciendo la permeabilidad.

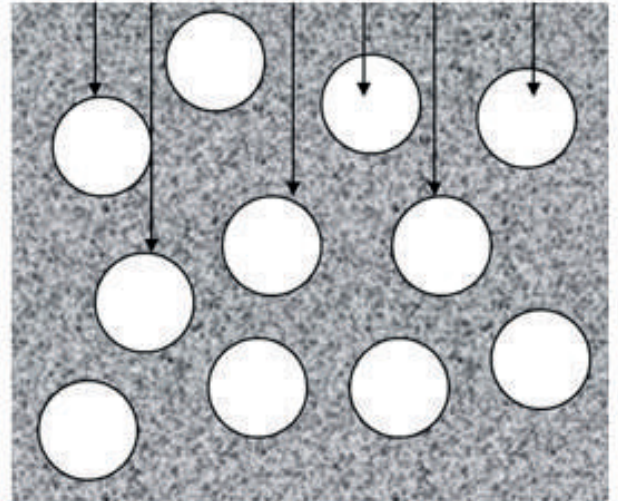
En el concreto endurecido, las microburbujas producidas por el aditivo incorporador de aire se interponen en la red de canalículos interna que existe en todo hormigón, lo cual permite limitar la ascensión de agua por capilaridad. El concreto resultante es, en consecuencia, más impermeable e, indirectamente, por ello más resistente a la acción de agentes agresivos.

CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO



El agua penetra a través de la matriz de concreto.

CONCRETO CON AIRE INCLUIDO



Penetración del agua disminuida por las microburbujas de aire.

Dentro del portafolio de productos TOXEMENT tenemos los siguientes aditivos incorporadores de aire:

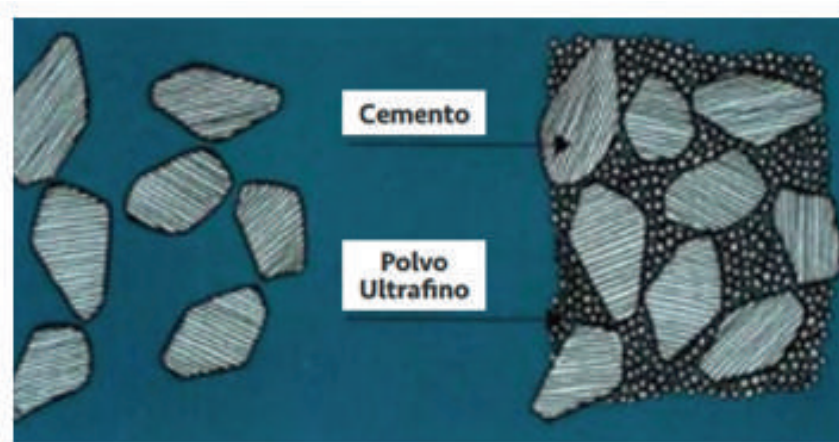
PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	DOSIFICACIÓN	INCLUSIÓN DE AIRE	SUGERENCIAS
AIRTOC D	Aditivo líquido de color ámbar, incorporador de aire para hormigón y mortero. Es una solución estable a base de resinas neutralizadas. Cumple con las normas ASTM C-260.	0,25% al 0,5% del peso del cemento	3% al 6% de aire en el concreto	- Para la realización de trabajos con este producto es necesario controlar en forma permanente el porcentaje de aire incluido en la mezcla (ASTM C231 - C173).
EUCON AIR MAC 12	Incorporador de aire de alta concentración especialmente formulado para su utilización en todo tipo de aplicaciones en el concreto. No contiene cloruros u otros materiales con potencial de oxidación que favorece la corrosión del acero. Cumple con las especificaciones de la norma ASTM C-260..	6 ml a 260 ml por cada 100 kg de cemento, según la inclusión de aire esperada	3% al 6% de aire en el concreto	- La dosificación puede cambiar dependiendo del diseño y materiales utilizados en la mezcla. - El incremento de aire en la mezcla ocasiona baja de resistencias a compresión; se recomienda hacer pruebas en obra para establecer la dosis óptima.
AIRTOC L	Aditivo diseñado para obtener concretos o morteros con alta incorporación de aire.	0.1% - 0.2% del peso del cemento	5% al 40% de aire en el concreto	

2. Protección al ataque por sulfatos

El ataque por sulfatos genera expansiones internas lo cual causa fallas de adherencia de la pasta, fisuraciones, craquelamiento y reducción de la resistencia mecánica del concreto. El uso de las adiciones puzolánicas en forma de humo de sílice, metacaolín, puzolanas naturales, cenizas volantes y / o escoria de alto horno han demostrado reducir significativamente el ataque de los sulfatos, para determinar las cantidades de estos materiales se debe consultar la tabla C.23-C.4.3.1 de la NSR 10. También es importante escoger un cemento resistente a sulfatos cuando existe amenaza de este tipo de ataque, considerando primordialmente el contenido de aluminato tricálcico (C_3A).

2.1. Adiciones para concreto.

Las adiciones más usadas son la microsíllica y el metacaolín. La microsíllica, que es un subproducto de la industria de las aleaciones de hierro, como el ferrosiliceo, en términos simples, es el hollín que queda adherido a las mangas del filtro cuando los gases pasan a través de éste. El cemento durante el proceso de hidratación libera cal, que en presencia de un material amorfo rico en sílice (como la microsíllica), en condiciones de humedad y a temperatura ambiente, forma productos cementantes secundarios estables física y químicamente que contribuyen a las resistencias del concreto; además, los productos formados no liberan calor de hidratación y son resistentes químicamente, lo que hace concretos más durables. De otra parte, el tamaño de partícula le permite ocupar los vacíos que normalmente quedan en la pasta de cemento, dando un efecto de densificación.



Esquema de la densificación de la Microsílice en el concreto

El metacaolín es un material cementante suplementario, compuesto de aluminio silicato activado térmicamente, que se produce al calcinar el caolín a temperaturas alrededor de $700^{\circ}C$ a $900^{\circ}C$; a esta temperatura se produce una transformación de su estructura cristalina.”

Ambos materiales tienen un efecto de densificación, contribuyendo en la masa de concreto a una menor porosidad, menor permeabilidad, mayor resistencia y mayor durabilidad.

Dentro del portafolio de productos TOXEMENT como adiciones para densificar el concreto el uso de:

PRODUCTO	TIPO DE ADICIÓN	DESCRIPCIÓN	DOSIFICACIÓN	SUGERENCIAS
EUCON MSA	Microsilica	Aditivo en polvo, color gris que adicionado al concreto le otorga características de alta resistencia mecánica y química.	Entre el 3% y 10% del peso del cemento	<ul style="list-style-type: none"> - El comportamiento del producto puede variar de acuerdo a las características de calidad de los demás componentes del concreto por lo que se recomienda la reutilización de ensayos representativos previos a su utilización. - Debe utilizarse superplastificante para garantizar la fluidez del concreto, . - El concreto debe ser curado ya que este es un factor crítico para obtener altas resistencias y durabilidad; el curado debe realizarse inmediatamente después del proceso de terminado. Seguir recomendaciones del ACI 318
EUCON MTC	Metacaolín	Material sólido finamente molido, a base de aluminio – silicatos, utilizado como material cementante.	La dosis de EUCON MTC depende de las características del concreto o diseño a producir, se recomienda consultar con TOXEMENT, para efectuar las mezclas previas y necesarias y determinar la dosificación óptima en función de sus materiales.	<ul style="list-style-type: none"> - Se deben realizar pruebas de comportamiento con los materiales a utilizar haciendo concretos a nivel de laboratorio, de esta manera se establecen dosis y comportamiento esperado. - Para la homologación de este producto en laboratorio consulte con el Departamento Técnico de TOXEMENT

3. Protección a la corrosión

La presencia de agua, oxígeno y agentes químicos como el ion cloruro desencadena el fenómeno de corrosión, por medio de la despasivación del acero de refuerzo ocasionando expansión del acero de refuerzo, generando pérdida de adherencia entre el concreto y el acero, y reduciendo la capacidad mecánica de ambos materiales. Para determinar el nivel de exposición a la que va a estar sometida una estructura se debe conocer el contenido ion cloruro al que va a estar expuesta, una vez se ha establecido este valor se puede proteger la estructura mediante el cumplimiento estricto del espesor del recubrimiento del acero de refuerzo indicados por la NSR 10³, el uso de inhibidores de corrosión; protección del acero con revestimientos epóxicos; empleo de protección catódica con ánodos de sacrificio; uso de adiciones aluminicas que formen Sal de Friedel o el uso de revestimientos que eviten el paso de cloruros. También es necesario producir un concreto de baja permeabilidad por medio de una baja relación a/mc, el uso de adiciones como puzolanas o escorias, usar aditivos para producir concreto de baja permeabilidad y/o adicionar fibras sintéticas que mitiguen la formación de fisuras

Dentro del portafolio de productos TOXEMENT como protección a la corrosión para este tipo de estructuras sugerimos el uso de:

PRODUCTO	TIPO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	DOSIFICACIÓN/ RENDIMIENTO	SUGERENCIAS
EUCON CIA 100	Aditivo inhibidor de corrosión	Aditivo líquido base Nitrito de Calcio, diseñado como inhibidor de corrosión del acero de refuerzo en concreto. Cumple con la clasificación ASTM C-494 tipo C; AASHTO M-194 Tipo C; Corps of Engineers CRD C87 Tipo C Clasificación.	Se hace de acuerdo a la carga de ion cloruro.	<ul style="list-style-type: none"> - Todos los códigos y guías deben ser consultadas antes de aprobar el diseño de la mezcla. - Es conveniente la utilización de aditivo superplastificante para reducir la relación agua / cemento. También se puede utilizar EUCON MSA para reducir la permeabilidad del concreto. - Es necesario hacer mezclas de prueba para establecer las dosis óptimas de EUCON CIA 100.
TOC ARMADURA	Revestimiento anticorrosivo	Mortero formado por dos componentes (A y B), que se mezclan antes de su aplicación, recomendado para usar como r e c u b r i m i e n t o anticorrosivo en la protección del acero de refuerzo en el concreto	Se hace de acuerdo al tipo de varilla (lisa o corrugada) y al diámetro de la misma	<ul style="list-style-type: none"> - Para mejorar la adherencia entre los concretos se recomienda limpiar previamente la superficie, saturar sin dejar empozamientos y aplicar por lo menos dos capas de TOC ARMADURA 6037, dejando pasar 12 horas entre cada capa y 24 horas antes de colocar el concreto o mortero. - Es necesario considerar la temperatura del ambiente y utilizar TOC ARMADURA 6037 CLIMA CALIDO o CLIMA FRIO según el caso.
SENTINEL	Ánodos de sacrificio	Los Ánodos Catódicos están diseñados para mitigar la corrosión del acero de refuerzo en el concreto. Su función principal es contrarrestar el "efecto de anillo anódico" y extender significativamente la vida útil de las reparaciones de concreto. Se usan en locaciones donde se ha puesto concreto nuevo o materiales de reparación de concreto junto a concreto existente contaminado con cloruros. Generan una corriente efectiva en los alrededores del acero de refuerzo, protegiéndolo de la corrosión.	El espaciamiento, la ubicación y el tipo de ánodos debe ser especificado por el diseñador, pero los ánodos no deben exceder los 75 cm en el centro. El espaciamiento depende de la densidad del acero, la naturaleza corrosiva del ambiente y la resistividad eléctrica de los materiales de reparación.	<ul style="list-style-type: none"> - Seguir todas las indicaciones de las hojas técnicas de SENTINEL y las especificaciones del diseñador.

NSR-10 -TABLA C.23-C.4.3.1.- REQUISITOS PARA EL CONCRETO SEGÚN LA CLASE DE EXPOSICIÓN

Clase de exposición	Relación a/mc máx. +/-	f'c min MPa	Requisitos mínimos adicionales			
			Contenido de aire			Limite en los cementantes
F3	0.42	31	Tabla C.4.4.1			Tabla C.4.4.2
			Tipos de material cementante*			Aditivo cloruro de calcio
			ASTM C 150	ASTM C 595	ASTM C 1157	
S0	0.45	28	Sin restricción en el tipo	Sin restricción en el tipo	Sin restricción en el tipo	Sin restricción
S1	0.42	31	II	IP(MS) IS(<70) (MS)	MS	Sin restricción
S2	0.40	35	V	IP(HS) IS(<70) (HS)	HS	No se permite
S3	0.40	35	V Puzolanas o escorias [§]	IP(HS) y puzolanas o escorias [§] o IS(<70) (HS) y puzolanas o escorias [§]	HS y Puzolanas o escorias [§]	No se permite
P1	0.45	28	Ninguna			
Q1	0.42	31	Ninguna			

*Se pueden permitir combinaciones alternativas de materiales cementantes diferentes a los mencionados en la tabla C.23-C.4.3.1 siempre que sean ensayados para comprobar la resistencia a los sulfatos y deben cumplirse los criterios de C.23-C.4.3.1.

¹ Para exposición al agua marina, se permiten otros tipos de cemento portland con contenidos hasta del 10 por ciento de aluminato tricálcico (C3A), si la relación a/mc no excede 0.40.

¹ Se permiten otros tipos de cemento como tipo III o tipo I en exposiciones de clase S1 o S2 si el contenido de C3A es menor al 8 o al 5 por ciento, respectivamente.

[§] La cantidad de la fuente específica de puzolana o escoria que se debe usar no debe ser inferior a la cantidad que haya sido determinada por experiencia en mejorar la resistencia a sulfatos cuando se usa en concretos que contienen cemento tipo V. De manera alternativa, la cantidad de la fuente específica de puzolana o escoria que se debe usar no debe ser menor a la cantidad ensayada según la NTC 3330 (ASTM 1210) y debe cumplir con los requisitos de C.4.5.1.

^{!!} El contenido de iones cloruros solubles en agua provenientes de los ingredientes incluyendo el agua, agregados, materiales cementantes y aditivos de mezclas de concreto, deben ser determinados según los requisitos de la NTC 4049 (ASTM 1228M) a edades que van de 28 a 42 días.

+Para concreto liviano véase C.4.1.2

4. Aditivos plastificantes

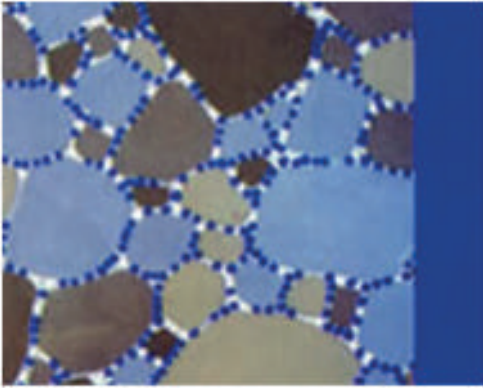
Debido a que los tanques suelen ser estructuras con una alta cuantía de acero de refuerzo es necesario utilizar un concreto que tenga la fluidez necesaria para permitir una adecuada trabajabilidad y consolidación con las armaduras y dentro de los encofrados de este tipo de estructuras. Adicionalmente como en este tipo de concretos se deben manejar bajas relaciones agua/material cementante, es necesario usar aditivos plastificantes o superplastificantes, los cuales funcionan cuando las moléculas de aditivo adsorbidas, se ubican en la superficie del cemento, produciendo la ionización de los filamentos o cadenas moleculares del aditivo, lo cual genera una separación de los granos de cemento individualizándolos lo que contribuye a la lubricación, hidratación y reducción de los esfuerzos, permitiendo así disminuir la cantidad de agua manteniendo la consistencia deseada, o aumentar el asentamiento si necesidad de agregar más agua.

Dentro del portafolio de productos TOXEMENT como aditivos plastificantes para este tipo de estructuras sugerimos el uso de:

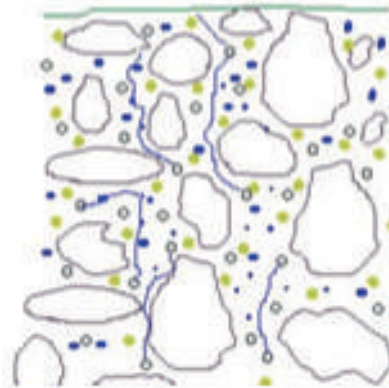
PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	DOSIFICACIÓN	REDUCCIÓN AGUA	SUGERENCIAS
EUCON 37	Aditivo reductor de agua de alto poder para hormigón; cumple con la norma ASTM C-494 tipo A y F o ICONTEC 1299.	0,9% al 1,5% del peso del cemento usado en la mezcla, o sea de 450 g a 750 g de EUCON 37 por saco de cemento de 50 kg	10% al 20%	<ul style="list-style-type: none"> - No adicionar simultáneamente con otros aditivos y nunca directamente al cemento. - Se deben realizar pruebas de comportamiento y compatibilidad con el cemento y con los materiales a utilizar haciendo concretos a nivel de laboratorio, de esta manera se establecen dosis y comportamiento esperado, las dosis establecidas en esta Hoja Técnica son una guía.
PLASTOL 3500 ULTRA	Aditivo reductor de agua de alto rango, diseñado con policarboxilatos de última generación, que permite ofrecer buenos tiempos de trabajabilidad bajo condiciones de bajas relaciones agua / material cementante y frente a concretos con contenidos altos de adición. Cumple con las normas ASTM C-494 Tipo A y F.	0.10% a 1.4% del peso del cemento, es decir, de 90 ml a 1.261 ml por cada 100 kg de cemento.	10% al 20%	
PLASTOL 8000	Aditivo líquido base policarboxilato de alta concentración, diseñado como reductor de agua de alto poder para concreto que incrementa resistencias iniciales y finales. Puede ser usado para incrementar asentamiento o reducir significativamente el agua de amasado para un asentamiento determinado. PLASTOL 8000 no contiene cloruros en su formulación. Cumple y excede los requerimientos de la norma ASTM C-494 Tipo A y Tipo F y ASTM C-1017 Tipo I.	0,15% a 0,8% del peso del cemento	15% al 5%	

5. Aditivos impermeabilizantes por cristalización.

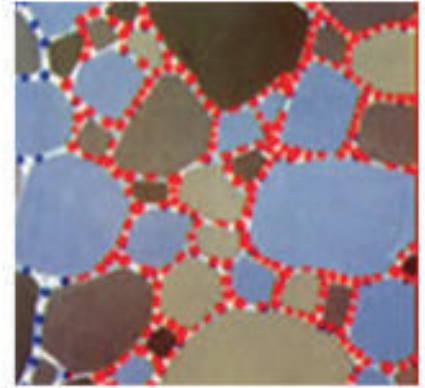
El proceso de impermeabilización por cristalización funciona por saturación del sistema capilar y se produce por migración de los activos químicos, de este tipo de productos, a través de dicho sistema, usando como vehículo el agua (ósmosis). Una vez que los activos químicos se encuentran en el interior de la matriz de concreto, reaccionan con la cal libre formando complejos cristales insolubles y no expansivos, que bloquean los capilares y las microfisuras.



Concreto sin aditivo impermeabilizante, entrada de agua.



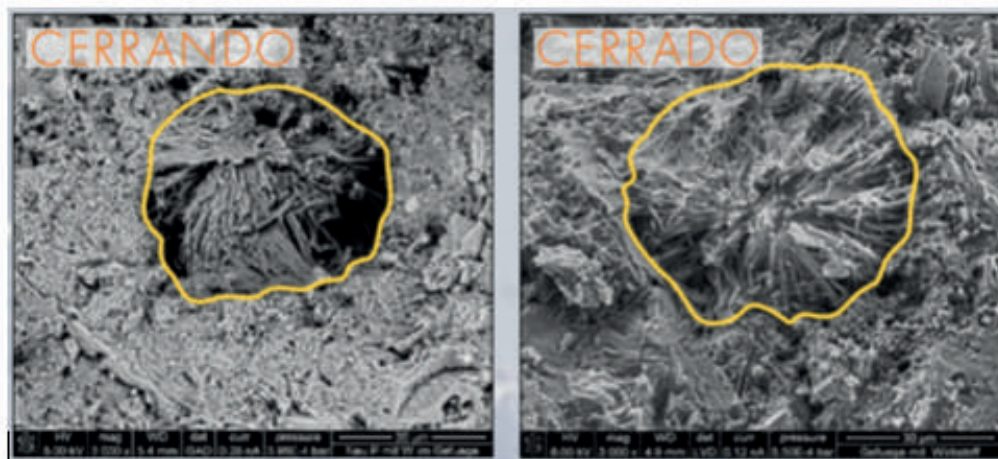
Concreto impermeabilizado con aditivo inclusor de aire



Concreto Impermeabilizado por cristalización, red capilar completamente bloqueada por la formación de cristales

Con la tecnología de impermeabilización por cristalización, se reduce considerablemente la penetración del agua dentro de la matriz de concreto, aumentando la vida útil de las estructuras.

EUCON VANDEX AM - 10 es un aditivo integral por cristalización especialmente formulado para interactuar con la estructura de los poros capilares del concreto, promoviendo un sistema de impermeabilización que permanece como parte de la matriz de concreto. **EUCON VANDEX AM - 10** puede ser usado en aplicaciones por encima y por debajo del nivel (enterrado o expuesto).



Muestra sin EUCON VANDEX AM-10, espacio poroso sin cerrar completamente

Muestra con VANDEX AM-10. Espacio poroso cerrado completamente, longitud de cristales hasta 30 μ m, 10 veces más largos que la muestra sin EUCON VANDEX AM-10

INFORMACIÓN TÉCNICA EUCON VANDEX AM-10

TIPO DE PRUEBA	MÉTODO	PARÁMETRO DE PRUEBA	RENDIMIENTO RELATIVO
Penetración del agua	DIN 1048	72 psi cabeza de presión	40 % de reducción
Permeabilidad del agua	CDR C48-92	200 psi cabeza de presión	70 % de reducción
Absorción capilar	ASTM C-1585		40 % de reducción
Resistencia a la compresión	ASTM C-39		Igual o hasta 8 % de incremento de acuerdo al diseño y los materiales empleados
Permeabilidad del ión cloruro	ASTM C-1202		10 % de mejora
Contracción	ASTM C-157		hasta un 20 % de reducción

Pruebas realizadas bajo condiciones de laboratorio

EUCON VANDEX AM - 10 es usualmente dosificado del 1% al 2% del peso del material cementante (-) para la mayoría de aplicaciones.

2.CONTROL DE LA FISURACIÓN

La fisuración en el concreto permite el paso de fluidos a su interior, para controlar esta condición es necesario hacer un adecuado diseño de la cuantía de acero de refuerzo con base a lo que estipula el ACI 350M-06⁴, así como definir los espesores mínimos y la ubicación del acero de refuerzo para los muros de este tipo de estructuras de acuerdo a ACI 350 2R-04⁵

DESCRIPCIÓN	ALTURA DEL MURO	ESPESOR MÍNIMO	UBICACIÓN DEL ACERO DE REFUERZO
Concreto vaciado en sitio	Más de 3 m	30 cm	Ambas caras
	Entre 1.2. m y 3m	25 cm	Ambas caras
	Menos de 1.2 m	15 cm	Centro del muro
Concreto prefabricado	1.2 m o más	20 cm	Centro del muro
	Menos de 1.2 m	10 cm	Centro del muro

ACI 350 2R-04 "Concrete Structures for Containment of Hazardous Materials" Especifica los espesores mínimo y la ubicación del acero de refuerzo para muros según su altura y si se trata de concreto vaciado en obra o prefabricado

El ACI 224R -01 "Control de la Fisuración en Estructuras de Concreto" establece los anchos máximos permitidos de fisuras estructurales de concreto armado de acuerdo a su condición de exposición, para limitar el ancho de las fisuras en la cara de concreto en contacto con el agua, se deben usar los métodos prescritos en capítulo C.23.-C.10.6.4 de la NSR 10.

ACI 224R -01 Tabla 4.1 -Guía para anchos de fisura razonables*, hormigón armado bajo cargas de servicio

Condición de la exposición	Ancho de la fisura	
	Pulgadas	mm
Aire seco o membrana protectora	0,016	0,41
Humedad, aire húmedo, suelo	0,012	0,30
Productos químicos descongelantes	0,007	0,18
Agua de mar y rocío de agua de mar, humedecimiento y secado	0,006	0,15
Estructuras para retención de agua†	0,004	0,10

*Es de esperar que una parte de las fisuras de la estructura superarán estos valores. Con el tiempo, el porcentaje de fisuras que superan estos valores puede ser significativo. Estos son lineamientos generales para el diseño, que se deben utilizar juntamente con un sólido juicio profesional.

† Excluyendo tuberías sin presión

Otra manera de controlar la fisuración en el concreto es por medio del uso de microfibras sintéticas, las cuales se utilizan regularmente para el control del agrietamiento por retracción plástica y también ayudan a disminuir la permeabilidad por lo que son muy convenientes en estructuras como los tanques.



Microfibras sintéticas de Nylon

Dentro del portafolio de productos TOXEMENT las fibras sintéticas para este tipo de estructuras sugerimos el uso de:

TIPO DE FIBRAS	APLICACIÓN	PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	DOSIFICACIÓN
MICROFIBRAS	Retracción plástica	FIBERSTRAND 150	Microfibra sintética monofilamento, de polipropileno, para reforzamiento de concreto. Cumple con la norma ASTM C-1116, especificación estándar para concreto y concreto lanzado.	0.4 a 0.6 kg/m ³
		FIBERSTRAND N	Microfibra monofilamento de Nylon para reforzamiento de concreto. Cumple con la norma ASTM C-1116, especificación estándar para concreto y concreto lanzado reforzado con fibra.	0.6 kg/m ³

Tecnologías como contracción compensada, aditivos impermeabilizantes por cristalización, pueden también jugar un papel importante en el control de fisuración del concreto.

La colocación, consolidación y el curado adecuado del concreto son esenciales para controlar la fisuración.

La NSR 10 establece que para las “estructuras de concreto de ingeniería ambiental” la resistencia mínima especificada a la compresión $f'c$ no debe ser menor de 28 MPa y la cuantía mínima de material cementante para estructuras tanques o estructuras de ingeniería ambiental de concreto de acuerdo a la NSR 10:

Tamaño máximo del agregado mm	Tamiz que pasa el agregado grueso según NTC 174 (ASTM C 33)*	Contenido mínimo de materiales cementantes (kg/m ³)
38	467	320
25	57	330
20	67	350
13	7	360
10	8	370

* Para tamaños nominales del agregado grueso que no se indican, se permite interpolar entre los tamaños nominales indicados.

El ACI 318S -19 especifica que los agregados que se usen en la mezcla no deben ser reactivos a los álcalis y se deben evaluar de acuerdo con la ASTM C1778.

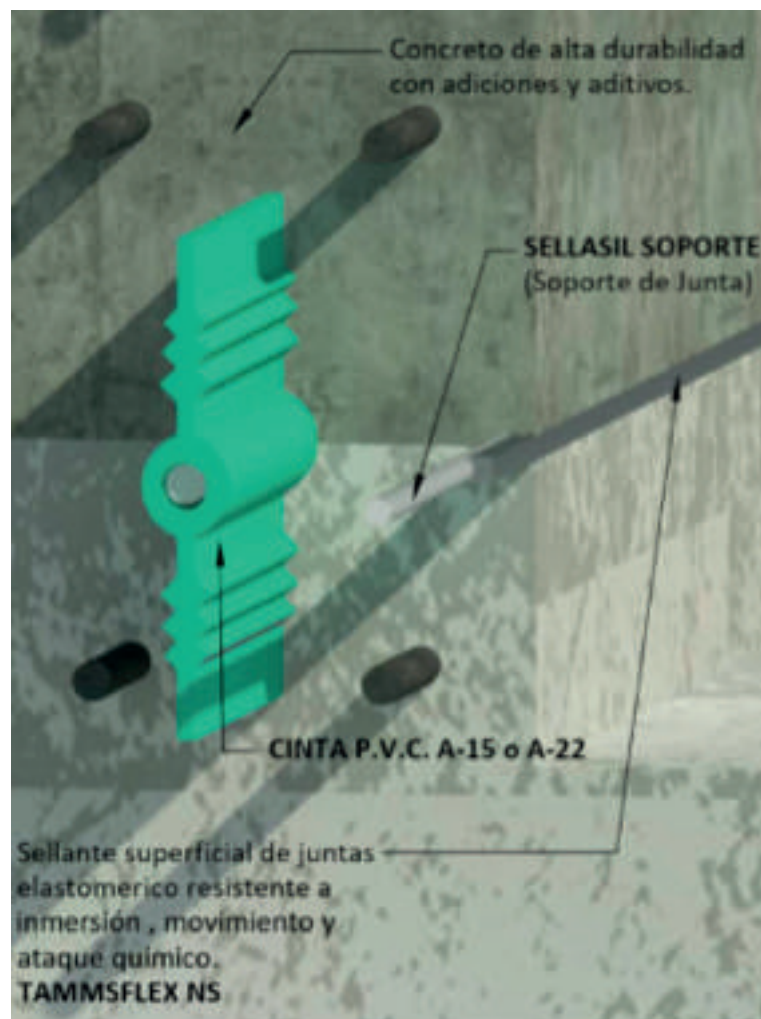
3. TRATAMIENTO DE JUNTAS

Las juntas en un tanque son diseñadas para compensar los movimientos y los cambios volumétricos que sufre el concreto (Juntas de expansión y contracción), también son concebidas para permitir un adecuado proceso constructivo durante la fundida del concreto. (Juntas de construcción): el diseño y la construcción de juntas se debe hacer con base en el ACI 504R⁶

Para impedir el paso de fluidos o gases por las juntas es necesario usar barreras impermeables y sellantes para juntas. La NSR10 especifica que:

- Las barreras impermeables deben ser capaces de aceptar movimientos y deformaciones de elongación y contracción sin deformación permanente o falla, resistir los ciclos de descongelamiento y deshielo, variación de temperatura y efectos del ataque químico. Pueden ser de caucho, de cloruro de polivinilo (PVC), acero o cualquier otro material; las más usadas son las de PVC; las cuales deben tener un espesor mínimo de 9.5 mm, las cuales deben tener un ancho mínimo de 220 mm para juntas de expansión y 150 mm para otras juntas el cual se repartirá mitad y mitad entre los dos concretos al lado de la junta.

- Deben colocarse sellos de junta a lo largo del perímetro expuesto de las mismas, que impidan el paso de líquidos y gases; y para prevenir que los sólidos entren a la junta y afecten su funcionamiento. Los sellos deben diseñarse para que sean capaces de resistir, las presiones, las temperaturas y movimientos y no deben perder su adherencia ni verse afectados bajo el ataque químico o de gases esperados.



Detalle de tratamiento de juntas en tanques según NSR 10

Dentro del portafolio de productos TOXEMENT para el tratamiento de juntas en tanques de aguas residuales sugerimos el uso de:

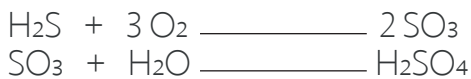
PRODUCTO	TIPO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	SUGERENCIAS
CINTA PVC	Barrera Impermeable	Banda termoplástica de cloruro de polivinilo de color verde, para sello de juntas de contracción, dilatación y construcción en estructuras de concreto. La CINTA P.V.C. posee estrías que proporcionan un mejor sellado y retienen filtraciones, de igual manera cuenta con un bulbo central que soporta los movimientos laterales y transversales.	Por cada metro de junta a tratar se requiere de un metro de CINTA P.V.C.	<ul style="list-style-type: none"> - Para la unión de diferentes tramos de CINTA P.V.C no se deben hacer traslapos. Se debe termofundir a tope con una pistola de calor teniendo cuidado de no quemar la CINTA P.V.C. - El bulbo de la cinta siempre debe estar centrado con respecto a la junta. La cinta siempre debe ser colocada perpendicularmente a la junta que se va a sellar. - La junta debe tener el tamaño y diseño apropiados para permitir el movimiento esperado de la estructura
SELLASIL SOPORTE	Soporte para sello de juntas	Cordón de polietileno clasificado como Tipo 3 según la ASTM D5249, especialmente diseñado para ser colocado en juntas de dilatación o de contracción antes de sellar con sellos de aplicación en frío. Actúa como barrera en la base de la junta, con el fin de evitar la adhesión de la masilla de sello a la misma, y permite crear el factor de forma adecuado para su perfecto funcionamiento.	Por cada metro de junta a tratar se requiere un metro de SELLASIL SOPORTE.	
TAMMSFLEX NS	Sellante superficial de juntas	Sellante elastomérico de dos partes, a base de polisulfuro para calafatear y sellar. cura a temperaturas normales creando un sello elastomérico resistente que se adhiere fuertemente. Soporta la repetida expansión y contracción y permanece resistente a los cambios diarios y estacionales de temperatura. Tiene excelente resistencia química, a solventes, al agua y resiste el movimiento de las juntas de hasta +/-25%.	Ver rendimientos según dimensiones de las junta en su hoja técnica	<ul style="list-style-type: none"> No mezclar los componentes de la base y activador de un despacho, con los de otro . Para condiciones de inmersión de agua, permita que el TAMMSFLEX cure durante 7 días a 21°C (70°F) antes del llenado con agua

4. PROTECCIÓN SUPERFICIAL DEL CONCRETO POR MEDIO DE REVESTIMIENTOS IMPERMEABLES

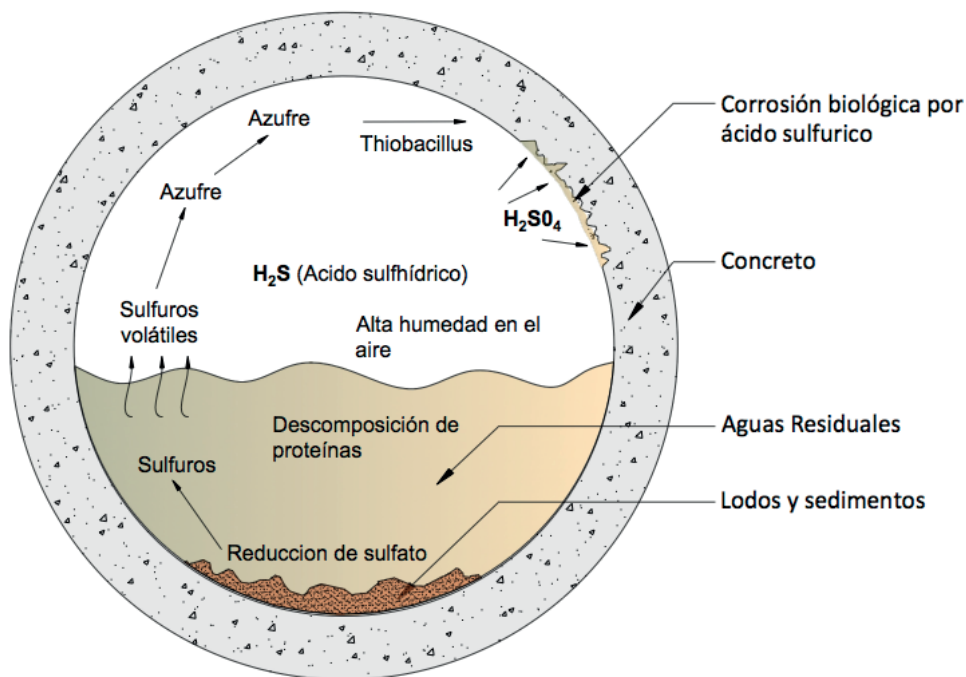
Las alcantarillas y las plantas de tratamiento de aguas residuales tienden a generar olores desagradables, en días calurosos o en climas cálidos esta situación empeora, por lo tanto al diseñarlas y construirlas se opta por cubrirlas, a favor de la salud y el medio ambiente. Sin embargo, esta condición de diseño cambia las características ambientales en las estructuras cerradas tales como las líneas de alcantarillado, tanques de aireación y tanques de sedimentación en las que no hay intercambio de aire, por encima de las aguas residuales, la atmósfera se contamina gradualmente por la presencia de sulfuro de hidrógeno (H_2S), el cual es generado por las bacterias "Thio Concretivorus", situadas en la materia orgánica presente en el agua residual. La presencia de sulfuro de hidrógeno plantea un ataque a la integridad estructural del concreto reforzado debido al riesgo de corrosión en el acero de refuerzo, a continuación se da una corta explicación del fenómeno que ocurre en el concreto:

Corrosión del concreto reforzado

El sulfuro de hidrógeno (H_2S) se oxida en presencia del oxígeno para formar trióxido de azufre (SO_3) (Ecuación 1.), el cual posteriormente se combina con agua condensada en la superficie del concreto por encima del nivel de agua para formar ácido sulfúrico que ataca el concreto (Ecuación 2.)



Las llamadas Thio- bacterias son capaces de sobrevivir y generar sulfuro de hidrógeno (H_2S) también en ambientes de valores de pH muy bajos, lo que resulta en concentraciones de ácido sulfúrico en el agua condensada de hasta el 23%.



Mecanismo de corrosión del concreto en una estructura cerrada que contiene aguas residuales

Cuando el pre-requisito básico para la corrosión del concreto – la reducción del valor de pH – está disponible, el concreto inicia su desintegración desde la superficie en áreas donde se forma agua condensada. El agua condensada agresiva disuelve la pasta cemento, lo que nuevamente conduce a la erosión del concreto. Se han registrado pérdidas de 3 mm por año en las líneas de alcantarillado cerradas. El bajo valor de pH destruye gradualmente el ambiente de concreto alcalino, lo que nuevamente con el tiempo conducirá a la corrosión de las barras de refuerzo de concreto.

Sin medidas preventivas, las estructuras de concreto sometidas a estas condiciones pueden dañarse seriamente en menos de una década, por lo que las NSR10 especifica que cuando el concreto esté expuesto a químicos o gases corrosivos que ataquen la matriz del mortero de concreto o acero de refuerzo, deben utilizarse revestimientos o coberturas, lo cuales deben ser impermeables y tener buena adherencia.



Corrosión del concreto en la zona de gas del tanque de sedimentación final de una PTAR debido al ambiente corrosivo del ácido sulfhídrico (H_2S). Foto Planta de tratamiento de aguas residuales Pro Rheno Basilea, Suiza.

Además de la protección al ataque químico se debe proteger la estructura del ataque mecánico que erosiona la superficie de concreto. La erosión se define como la desintegración progresiva de un sólido por abrasión o cavitación⁷, en un tanque de almacenamiento de aguas residuales están presentes estas dos condiciones debido a la presencia de agua y a la de innumerables tipos de sólidos, lodos y material suspendido en el agua a ser tratada.

Existen diferentes tipos de revestimientos que se han desarrollado para soportar las condiciones químicas y mecánicas a las que pueda estar sometido un tanque de almacenamiento de aguas residuales, entre ellos encontramos principalmente los epóxicos 100% sólidos y con alta resistencia química, las poliureas compuestas por resinas puras sin cargas minerales ni plastificantes en su composición y los revestimientos cementicios modificados con polímeros. Sin embargo, estos revestimientos tienen una vida útil limitada y se usan como “capas de sacrificio” a las cuales se les debe dar mantenimiento o reemplazar periódicamente de acuerdo a las características específicas de cada caso.

En la selección de los revestimientos se deben evaluar las características del ataque mecánico (tipo de sólidos, tamaño, abrasión del agua, etc.) y el ataque químico (sustancias químicas, concentración, frecuencia, temperatura de exposición, etc.), así mismo se deben tener en cuenta todas las recomendaciones del fabricante con respecto a la preparación de la superficie, perfil de rugosidad⁸, humedad del sustrato, tratamiento de fisuras, reparación de hormigueros, etc. También es necesario usar desmoldantes base agua o de fácil remoción que no impidan la adherencia del revestimiento con la superficie de concreto al momento de su instalación.

Revestimientos para proteger el concreto sometido a presión positiva.

Cuando un tanque de concreto en una PTAR está sometido únicamente a presión positiva se pueden usar revestimientos protectores como los epóxicos o las poliureas.

Los epóxicos son materiales compuestos por una resina y un catalizador que al combinarse generan una capa protectora con resistencia al ataque químico y mecánico brindando un acabado aséptico, decorativo y si se quiere antideslizante, a la superficie. El ácido sulfúrico (H_2SO_4) es extremadamente corrosivo, por lo cual en estos casos es necesario utilizar epóxicos de alto desempeño y resistencia química, como los revestimientos epóxicos tipo novolac.

Dentro del portafolio de productos TOXEMENT tenemos como epóxicos tipo novolac:

DURALTEX 1805: es un epóxico novolac que ofrece excelente resistencia química contra químicos agresivos como el ácido sulfúrico al 98%, Ácido Clorhídrico al 37% y otros químicos industriales.

DURALTEX 1805 es también usado en aplicaciones con llana o agregado.

DURALTEX 1807: es una versión de alta especificación del DURALTEX 1805, es empleado como recubrimiento de pisos o paredes.

Las poliureas actúan como membranas impermeabilizantes continuas y sin juntas, aplicadas con una máquina de proyección en caliente, con capacidad de puentear las fisuras que con el tiempo puedan aparecer en la estructura del tanque. Para ello se debe utilizar una resina de poliurea 100% pura, libre de disolventes. Las poliureas están diseñadas para la impermeabilización de tanques nuevos y también para la rehabilitación de tanques en operación, con pérdidas de agua debido a la aparición de grietas en el concreto. Se pueden aplicar en tanques cerrados conteniendo agua potable y tanques abiertos o cerrados conteniendo agua contra incendios, agua de mar y agua salada en general, agua clorada, aguas residuales y fecales, fosas sépticas, lixiviados, aguas de proceso tratadas en industrias químicas y de generación de energía.

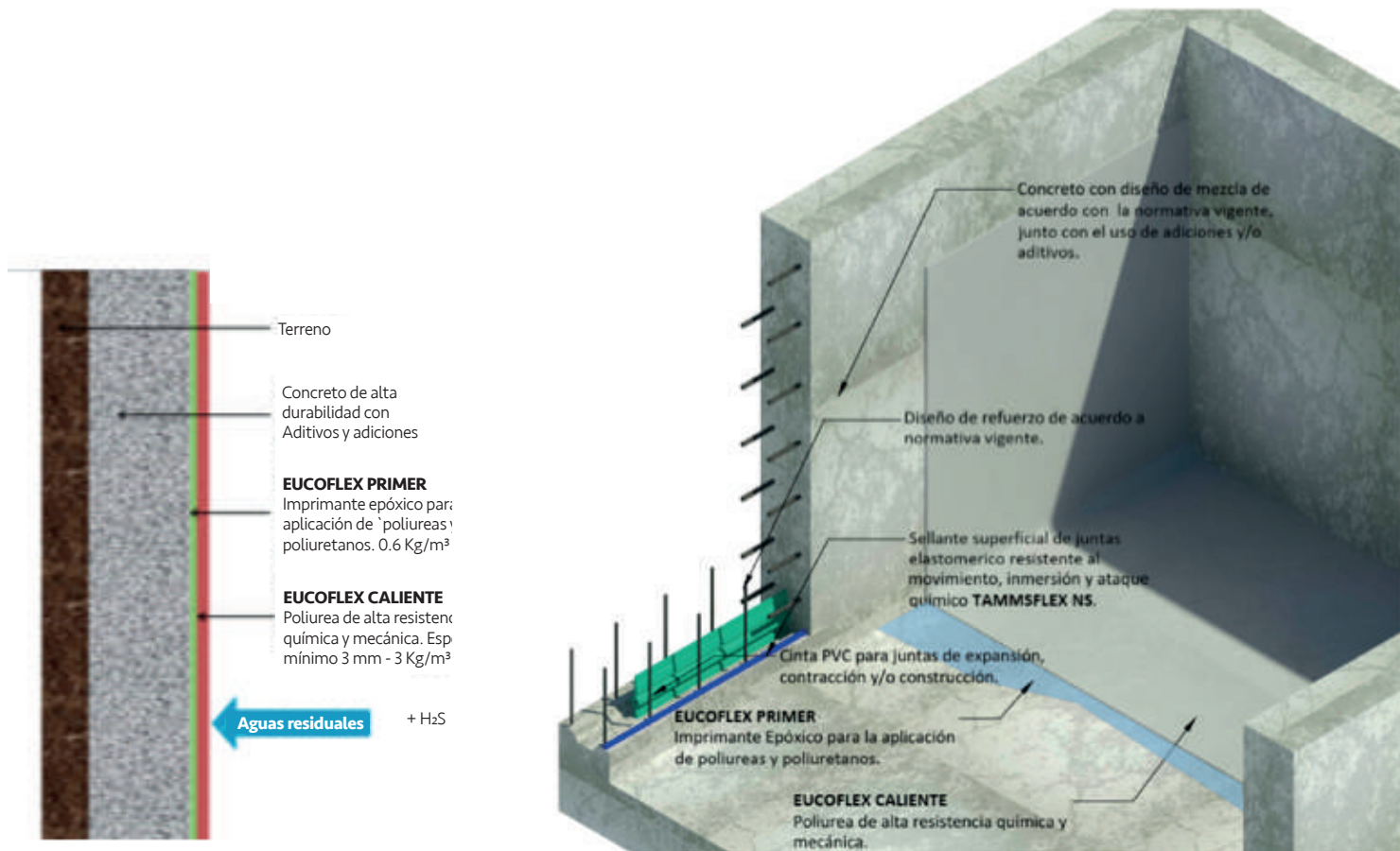
Dentro del portafolio de productos TOXEMENT tenemos el sistema de poliurea **EUCOFLEX CALIENTE**.

EUCOFLEX CALIENTE es un sistema a base de poliurea pura, de dos componentes, de extra rápido curado para la aplicación de membranas elásticas, con puenteo de fisuras. Sólo se aplica por proyección mecánica en caliente.

El producto puede combinarse con diferentes geotextiles para obtener revestimientos sin juntas de aplicación en continuo.

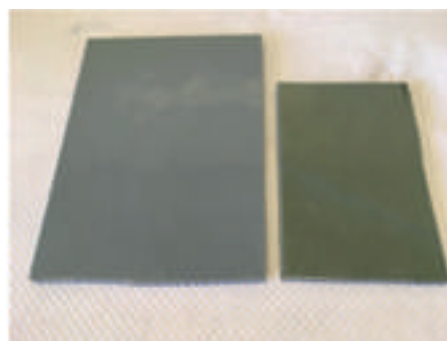
Se debe imprimir la superficie con **EUCOFLEX PRIMER**, imprimante epóxico para la aplicación de poliureas y poliuretanos.

Si se sospecha de la existencia de humedades subyacentes, y de cara a evitar la aparición de ampollas en la superficie, es preferible aplicar 2 manos de imprimación epoxi (**EUCOFLEX PRIMER / EUCOFLEX PRIMER GC**): una sin áridos como barrera al vapor, y la segunda con espolvoreo de áridos. Usar un agregado entre 0.4 mm y 0.8 mm para evitar problemas de cubrimiento (**EUCOFILLER MEDIO**).



Se han hecho pruebas donde se ha demostrado que **EUCOFLEX CALIENTE** tiene una gran resistencia a la abrasión, dando como resultado una pérdida de masa de 8.9 mg en 1000 ciclos de abrasión con una carga de 1000 gr usando el método de ensayo s/n ASTM D 4060. También se han realizado pruebas bajo el método EN 13529:2003, para verificar la degradación del polímero después de la exposición en solución de agua a temperatura de $21^{\circ}\text{C} \pm 2$ y 1 bar de presión de gas H_2S en una concentración de 3000 ppm durante 28 días., dando como resultado que los especímenes no presentaron variación de dureza, solo presencia de manchas sin defectos en la superficie de las muestras.

Antes



Después

Muestras de EUCOFLEX CALIENTE sometidas a sulfuro de hidrógeno (H_2S) bajo la norma EN 13529:2003.



Aplicación poliurea mantenimiento PTAR SALITRE.

Revestimientos para proteger concreto húmedo o sometido a presión negativa

Las aplicaciones de epóxicos o poliureas son difíciles en ambientes permanentemente húmedos o sometidos a presión negativa porque la mayoría de estos revestimientos poliméricos dependen de un sustrato bastante seco para adherirse y curarse. Tales condiciones generalmente no están disponibles en una situación correctiva o cuando hay niveles freáticos altos. Por otro lado, los recubrimientos cementicios se pueden instalar con éxito en ambientes húmedos, pero hasta hace poco carecían de la capacidad necesaria para resistir los ataques con ácido. Los desarrollos recientes en el campo de los materiales de revestimiento cementosos modificados con polímeros, han movido drásticamente los límites hacia la durabilidad en un entorno de pH bajo, de modo que estos productos ahora pueden considerarse para la restauración del concreto en las estructuras de alcantarillado, así como para un tratamiento preventivo de nuevas líneas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales.

Existen morteros cementicios, que sirven para impermeabilizar y reparar superficies, resistentes a aguas residuales, a la humedad, con gran resistencia a los sulfatos y que soportan una presión hidrostática de hasta 70 metros de columna de agua como el **VANDEX UNIMORTAR Z**.

VANDEX UNI MORTAR 1 Z es un mortero cementoso, para impermeabilización y reparación, resistente al agua y a la humedad, con gran resistencia a los sulfatos.

VANDEX UNI MORTAR 1 Z se aplica en capas de 6 a 12 mm de espesor en una sola mano debido a su granulometría. Es un material muy resistente a la abrasión y a las sales de deshielo y tiene una considerable resistencia mecánica. Debido a su composición, basada en cemento y cuarzo de granulometría seleccionada y activos químicos especiales de naturaleza inorgánica, **VANDEX UNI MORTAR 1 Z** es impermeable (probado hasta 7.0 bar en capas con grosor de 10 mm). Es duradero y resistente a la acción del hielo y calor después de fraguado y al mismo tiempo es permeable al vapor de agua. Es resistente a las aguas residuales domésticas.

También se han desarrollado revestimientos cementicos modificados con polímeros que tienen resistencia al ácido sulfúrico como el **VANDEZ POLYZEM Z**.

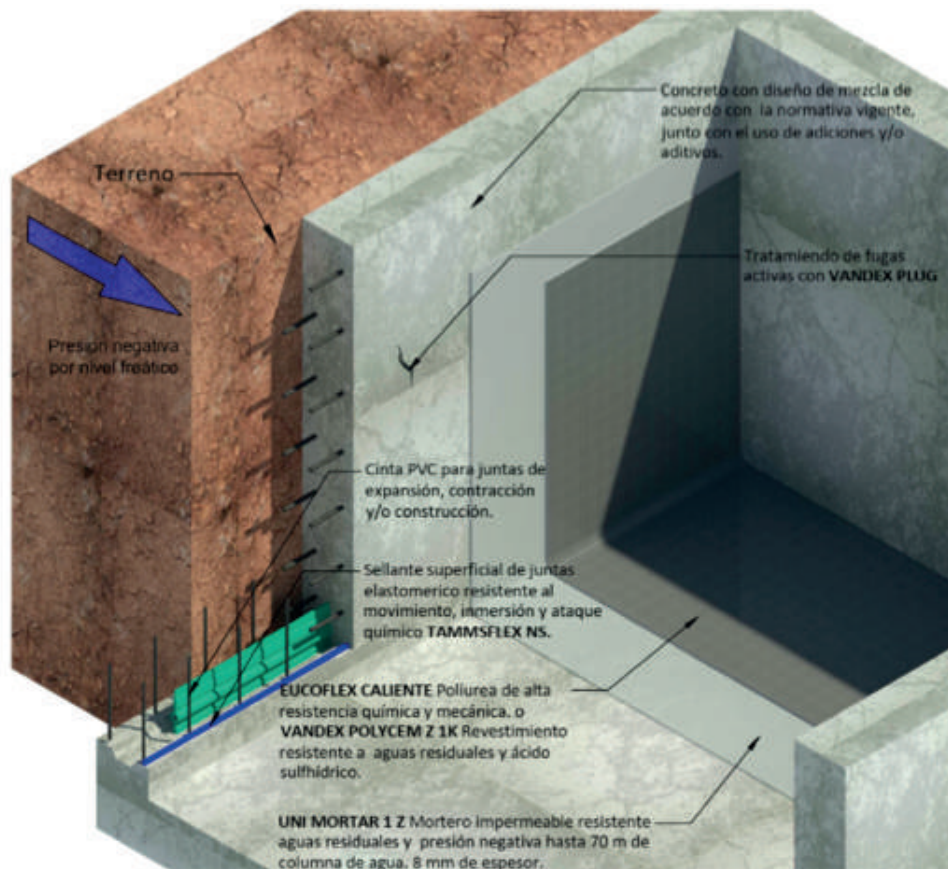
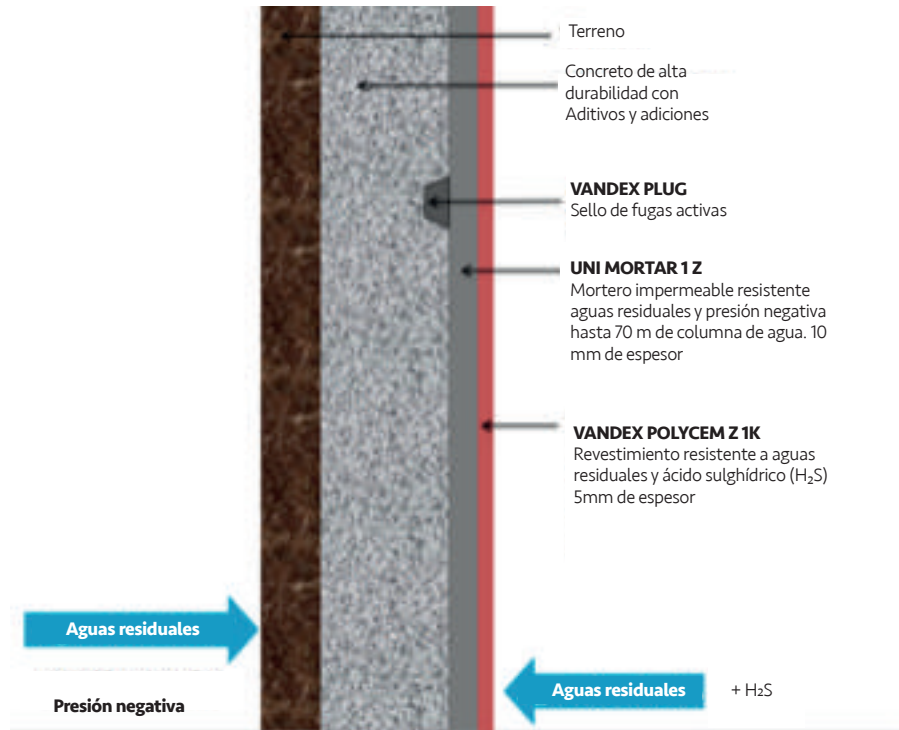
VANDEZ POLYZEM Z. es un revestimiento para la protección de superficies contra el ataque por ácido sulfúrico biogénico, por lo tanto apto para cargas por ácido sulfúrico (H_2S) presentes en ambientes municipales y agrícolas conforme con DIN 19573:2016-03, anexo A; es impermeable al agua y resistente a aguas residuales. Puede ser aplicado con llana y por proyección, tiene adhesión elevada y está libre de VOC.

Pruebas de **VANDEZ POLYZEM Z**. hechas la planta de tratamiento de aguas residuales Pro Rheno en Basilea, Suiza, situada cerca de la frontera suizo-alemana que trata una combinación de aguas residuales urbanas y aguas residuales industriales, demostró proporcionar un entorno representativo de corrosión en el concreto y adecuado para probar la durabilidad de los materiales de revestimientos cementicos modificados con polímeros. Especímenes de concreto expuestos a la zona de gas y zona de corriente del tanque final de sedimentación, mostraron que después de 6 y 12 meses de exposición, no se produjeron diferencias en la adhesión y absorción de agua en comparación con especímenes almacenados en ambientes controlados de temperatura y humedad relativa sin presencia de agentes contaminantes. El concreto tratado no reveló fisuras, ampollas o decoloración y los microorganismos no se pudieron detectar. La conclusión de esta aplicación comprueba los avances tecnológicos en revestimientos cementicos modificados con polímeros especialmente diseñados para proporcionar una resistencia muy alta contra compuestos que contienen azufre en el agua y contra compuestos gaseosos que contienen azufre. Por lo tanto, son adecuados para el uso protector en un entorno con ataque biogénico de ácido sulfúrico.



Muestra recubierta con POLYZEM Z modificado con polímeros después de la exposición a la zona de gas de H_2S del tanque de sedimentación final de la planta de tratamiento de aguas residuales Pro Rheno Basilea, Suiza.

Si existen fugas activas se deben tratar con **VANDEX PLUG**, que es un mortero obturador a base cementosa, listo para el uso, para taponar filtraciones y fugas de agua.



En conclusión para proteger e impermeabilizar un tanque de aguas residuales es necesario actuar de una manera integral, teniendo en cuenta las condiciones específicas de cada caso y apoyándose en la normatividad para el diseño, la construcción y el uso de los diferentes materiales y productos que contribuyen para tal fin.

FUENTES

1. Fuente: <https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/origen-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales>
2. *Efectos De La Adición De Metacaolín En El Cemento Pórtland*. Juan Camilo Restrepo Gutiérrez, Oscar Jaime Restrepo, Jorge Iván Tobón. Universidad Nacional de Colombia- Medellín.
3. *Reglamento Colombiano Para La Construcción Sismo Resistente NSR 10. Tabla C.23-C.7.7.1. Protección Del Concreto Para Protección Del Refuerzo En Estructuras Ambientales*
4. ACI 350M-06. "Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures".
5. ACI 350 2R-04 "Concrete Structures for Containment of Hazardous Materials"
6. ACI 504R "Guide to Sealing Joints in Concrete Structures"
7. *Definición del Reglamento Colombiano Para La Construcción Sismo Resistente NSR 10. C.23-CR4.8.*
8. *Para determinar el perfil de rugosidad se debe tomar como referencia la "Guideline No. 310.2R-2013 - International Concrete Repair Institute"*
9. *Fuente sobre revestimientos cementicos modificados con polímeros: Artículo del Bosui Journal Suiza "La situación de la impermeabilización en Europa - Segunda parte" Dr. H-D. Lobo y T. Clemmensen*



EUCLID CHEMICAL TOXEMENT

CONSTRUYENDO MEJORES PROYECTOS

WWW.TOXEMENT.COM.CO

Para mayor información consulte la hoja técnica visitando nuestro portal web o consulte nuestro departamento técnico.

GUÍA DE ESPECIFICACIÓN PARA PROTECCIÓN E IMPERMEABILIZACIÓN DEL CONCRETO EN TANQUES DE AGUAS RESIDUALES

VERSIÓN 2020